

7. Keller A.A., McFerran S., Lazareva A., Suh S. Global life cycle releases of engineered nanomaterials // *Journal of Nanoparticle Research*. – 2013. – Vol.15. – P.1-17.
8. Therezien M., Thill A., Wiesner M.R. Importance of heterogeneous aggregation for NP fate in natural and engineered systems // *Science of The Total Environment*. – 2014. – Vol.485-486. – P.309-318.
9. Baker T.J., Tyler C.R., Galloway T.S. Impacts of metal and metal oxide nanoparticles on marine organisms // *Environmental Pollution*. – 2014. – Vol.186. – P.257-271.
10. Therezien M., Thill A., Wiesner M.R. Importance of heterogeneous aggregation for nanoparticles fate in natural and engineered systems // *Science of The Total Environment*. – 2014. – Vol. 485–486. – P.309-318.
11. Farre M., Gajda-Schranz K., Kantiani L., Barcelo D. Ecotoxicity and analysis of nanomaterials in the aquatic environment // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. – 2009. – Vol.393. – P.81-95.
12. Loosli F., Le C.P., Stoll S. TiO<sub>2</sub> nanoparticles aggregation and disaggregation in presence of alginate and Suwannee River humic acids. pH and concentration effects on nanoparticle stability // *Water research*. – 2013. – Vol.47. – P.6052-6063.
13. Jayalath S., Wu H., Larsen S.C., Grassian V.H. Surface adsorption of Suwannee river humic acid on TiO<sub>2</sub> nanoparticles: A study of pH and particle size // *Langmuir*. – 2008. – Vol.34 (9). – P.3136-3145.

Го Сюаньбо (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Годымчук Анна Юрьевна,  
канд. техн. наук, доцент

## **ВЛИЯНИЕ PH НА АДсорбцию ГЛИЦИНА НА ПОВЕРХНОСТИ НАНОЧАСТИЦ ZNO**

### **Введение**

Наночастицы ZnO имеют перспективы для изготовления полупроводников [1], биомедицинских устройств [2], бактериальных компонентов [3] и носителей лекарств [4]. Спрос на наночастицы привел к расширению объемов производства [5], и в результате, к созданию источников выделения наночастиц ZnO в окружающую среду. При этом есть данные

об их вредном воздействии на растения [6], бактерии [7] и млекопитающих [8]. Поэтому изучение поведения наночастиц в окружающей среде является важной задачей материаловедов, биологов, токсикологов.

Аминокислоты являются неотъемлемой составляющей белков, образующих ткани и органы в организме, а также встречаются в свободном виде в почве [9]. Поэтому изучение взаимодействия наночастиц с ними является важным этапом на пути понимания поведения наночастиц в биологической среде.

В настоящий момент есть работы по изучению адсорбции аминокислот на наночастицах ZnO в растворах глицина [10], серина [11] и аланина [12], согласно которым огромное влияние на адсорбцию оказывает кислотность среды (pH). Однако, полученные результаты не сопоставимы между собой и не позволяют переносить результаты на другие типы наночастиц ZnO.

Целью настоящей работы являлось определить влияние pH среды на адсорбционные свойства промышленных наночастиц ZnO разной дисперсности в растворах глицина.

#### Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования были выбраны наночастицы ZnO, обозначенные в работе как ZnO-40 (Nanostructured & Amorphous Materials, Inc., США) и ZnO-200 (ОАО Эмпилс, РФ).

Морфологию наночастиц исследовали с помощью просвечивающей электронной микроскопии на микроскопе JEM-2100F (Jeol, Япония). 200 мкл суспензии наночастиц (2 мг/мл ZnO в этаноле) наносили на горизонтальную медную сетку и высушивали в течение 10 мин под люминесцентной лампой. Затем сетку перпендикулярно помещали в держатель и снимали изображения при напряжении 200 кВ. Полученное изображение обрабатывали с помощью программы ImageJ. В качестве размера частиц брали диаметр окружности, в которую вписывается частица. Затем статистическую выборку с объемом  $n$  переносили в Excel, рассчитывали число интервалов  $k$  по формуле (1):

$$k = 1 + 3,322 \cdot \lg n . \quad (1)$$

Ширину интервала  $h$  определяли по формуле (2):

$$h = \frac{x_{max} - x_{min}}{k} , \quad (2)$$

где,  $x_{max}$ ,  $x_{min}$  – соответственно, максимальное и минимальное значения в выборочной совокупности.

Далее определили верхние границы интервалов, абсолютные и относительные ( $q$ , %) и накопительные ( $Q$ , %) частоты измерений и построили гистограмму интервального распределения частот по размерам:  $q=f(d)$  и  $Q=f(d)$ , где  $d$  – это средний размер частиц в каждом интервале.

Результаты обработки изображения также использовали для расчета среднего размера частиц ( $d_{cp}$ ) частиц по формуле (3):

$$d_{cp} = \sum d \cdot \frac{q(\%)}{100} \quad (3)$$

где  $d$  – размер частиц в дисперсии,  $q$  – дифференциальный процент частиц с размером  $d$  в дисперсии.

Растворы 2 М глицина готовили на основе дистиллированной воды ( $pH=6,11 \pm 0,2$ , проводимость 0,2 мкС, дистиллятор D-30938, Gesellschaft Labortechnik mbH). Навеску веществ брали с помощью аналитических весов AND GR-202 (A&D Co Ltd., Япония,  $\pm 0,0001$  г). pH растворов доводили с помощью кислотно-основного титрования 0,1 М растворами NaOH и HNO<sub>3</sub>. Растворы при титровании перемешивались с помощью магнитной мешалки MR Hei-Tec (Heidolph, 300 об/мин). Значение pH контролировали с помощью pH-метра «Эксперт-001» (ООО «Электроникс-Эксперт», Россия).

В готовые растворы глицина добавляли сухую навеску (концентрация частиц 20 г/л) и перемешивали с помощью магнитной мешалки MRHei-Tec (Heidolph, 700 об/мин). Суспензии выдерживали в течение 1 ч. После выдерживания из суспензии отбирали 2,5 мл для разделения на центрифуге Eba20 (Hettich, Германия, 60 мин, 5500 об/мин, объем пробирки 15 мл).

В отделенном от твердой фазы центрифугате измеряли инфракрасные (ИК) спектры с помощью ИК-Фурье спектрометра Thermo Nicolet 380 в ИК области спектра (4000...400 см<sup>-1</sup>). На спектрах выделяли характерный пик при 1333 см<sup>-1</sup>, высота соотносилась с высотой пика 2М глицина для расчета степени адсорбции (Ads, %) по формуле (4):

$$Ads = \frac{n_1 - n_2}{n_2} \cdot 100\% \quad (3)$$

где  $n_1$  и  $n_2$  – высота характерного пика до и после протекания адсорбции.

### Результаты и обсуждение

С помощью микроскопии показано, что частицы ZnO-40 имели круглую или овальную преимущественно форму (рис. 1а), а частицы ZnO-200 – вид многоугольников, преимущественно ромбов и цилиндров (рис. 1б). Анализ изображений показал, что около 80% наночастиц ZnO-40 имеют размер от 29 до 60 нм (рис. 1а), а 80% ZnO-200 имеют размер от 36 до 238 нм (рис. 1б). Средний размер частиц ZnO-40 и ZnO-200 составил 41 и 176 нм, соответственно.

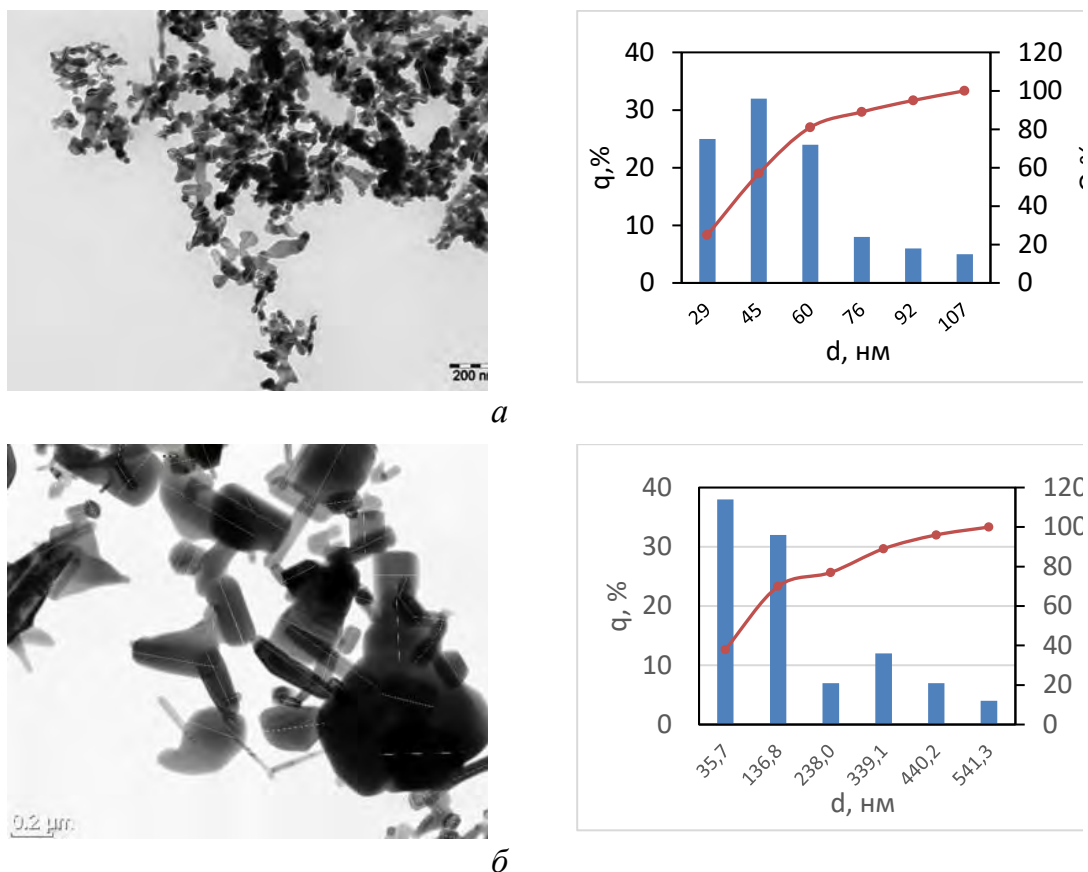


Рис. 1. ПЭМ изображения и распределения частиц по размерам с относительной ( $q, \%$ ) и накопительной ( $Q, \%$ ) частотой ZnO-40 (а) и ZnO-200 (б)

Далее продемонстрировано, при выбранных условиях степень адсорбции глицина невелика и составляет 3...6 % (рис.2). При этом видно, что влияние рН заметно только в кислой среде: при увеличении рН от 2 до 6 коэффициент адсорбции уменьшается. Например, в ряду рН 2...4...6 величина Ads для ZnO-200 равна 5,8...5,2...3,3% (рис.2). Очевидно, что при избытке ионов ОН для обоих образцов влияние рН на адсорбцию незначительно: величина Ads отличается не более, чем на 6%.

Также показано, что изменение размера частиц не повлияло на характер кривой в зависимости от рН, и при большинстве рН отразилось на их адсорбционных свойствах. Самое заметное влияние установлено при рН=4: при уменьшении размера частиц в 5 раз величина Ads уменьшилась в 1,3 раза (рис.2).

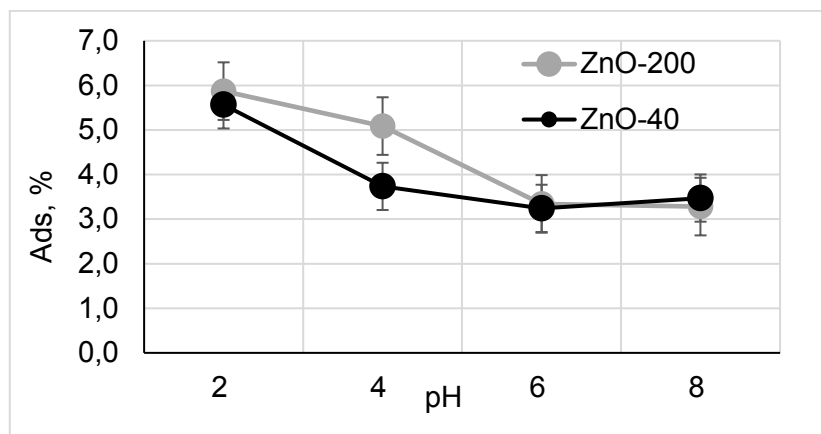


Рис. 2. Влияние pH на степень адсорбции (Ads,%) глицина на поверхности наночастиц ZnO

Полученные данные сопоставимы с результатами, полученными для частиц ZnO с размером 135 нм, где показано, что с увеличением pH от 4 до 8 адсорбция возрастает от 6.1 до 45% [10].

#### **Заключение**

Таким образом в работе на примере плазмохимических наночастиц ZnO со средним размером 41 и 176 нм продемонстрировано, что с адсорбционные свойства ZnO усиливаются в кислой среде и практически не зависят от pH в щелочной среде. Также показано отсутствие влияния размера частиц ZnO на степень адсорбции глицина.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Zhang Y. ZnO nanostructures: fabrication and applications. – London: Royal Society of Chemistry, 2017.
2. Pundir A., Chopra L. Comprehensive study of synthetic tool for ZnO based nanoparticles // Materials Today: Proceedings. – 2022. – Vol.52. – P.339-344.
3. Reza F.-F., Rahi A., Sarvin M.-A., Sobhan M.-D. The surface modification of spherical ZnO with Ag nanoparticles: A novel agent, biogenic synthesis, catalytic and antibacterial activities // Arabian Journal of Chemistry. – 2022. – Vol.15(3). – P.103658.
4. Alomar T.S., Al Masoud N., Awad M.A., El-Tohamy M.F., Soliman D.A. An eco-friendly plant-mediated synthesis of silver nanoparticles: characterization, pharmaceutical and biomedical applications // Materials Chemistry and Physics. – 2020. – Vol.249. – P.123007.
5. Zhang Y. ZnO nanostructures: fabrication and applications. – London: Royal Society of Chemistry, 2017.

6. Wang Z., Luo Z., Yan C., Yang H. Effects of nano-ZnO particles on the growth of green bean sprouts // *Journal of Agro-Environment Science*. – 2011. – Vol.4. – P.619-624.
7. Hu Z., Zhao Z., Wang X. Antibacterial properties and mechanism of nano-zinc oxide // *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*. – 2012. – Vol.16. – P.572-530.
8. Hu C., You Z., Zhu K., Luan Z. Effects of nano zinc oxide on growth performance and intestinal mucosal barrier in weaner piglets // *Acta Zo-onutrimenta Sinica*. – 2012. – Vol.24. – P.285-290.
9. Vranova V., Rejsek K., Skene K. R., Formanek P. Non-protein amino acids: plant, soil and ecosystem interactions // *Plant Soil*. – 2011. – Vol.342. – P.31-48.
10. Godymchuk A., Papina I., Karepina E., Kuznetsov D. Behavior of ZnO nanoparticles in glycine solution: pH and size effect on aggregation and adsorption // *Colloid and Interface Science Communications*. – 2020. – Vol.39. – P.100318.
11. Kim K.-M., Kim T., Kim H., Gwak G. Colloidal behaviors of ZnO nanoparticles in various aqueous media // *Toxicology and Environmental Health Sciences*. – 2012. – Vol.4. – P.121-131.
12. Gao Y.K., Traeger F., Shekhah O., Idriss H., Wöll C. Probing the interaction of the amino acid alanine with the surface of ZnO // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 2009. – Vol.338. – P.16-21.

Гонсалес Франко Ивана (Парагвай)

Российский государственный аграрный университет -  
МСХА имени К.А.Тимирязева, г. Москва

Научный руководитель: Зубкова Ольга Николаевна, преподаватель

### **ЛИХОРАДКА ДЕНГЕ: СИМПТОМЫ, ПРОФИЛАКТИКА, ЛЕЧЕНИЕ, РАСПРОСТРАНЕНИЕ**

Лихорадка денге – это вирусная инфекция, которую переносят женские особи комаров, в основном вида *Aedes aegypti*.

Раньше заражённые насекомые встречались в основном в тропических околоэкваториальных зонах: в Азии, Африке, Латинской Америке, на тихоокеанских островах. До 1970 г. эпидемии тяжелой денге происходили лишь в девяти странах. В настоящее время болезнь является эндемической более чем в 100 странах регионов Африки, Америки, Восточного Средиземноморья, Юго-Восточной Азии и Западной части Тихого